

Az őszi búza tápanyagfelvételének tanulmányozása szabadföldi kísérletben

KÁDÁR IMRE és LÁSZTITY BORIVÓJ

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Az iparszerű növénytermelés jelenlegi körülményei között elengedhetetlen, hogy pontos ismeretekkel rendelkezünk főbb kultúrnövényeink tápanyag felvételét illetően. A növények ásványi tápelemtartalma megközelítően az adott növény tápelemszükségletét is tükrözi. A tápanyag felvétel adatai iránymutatóul szolgálnak a műtrágyaigény tervezéséhez, hisz tápanyaggazdálkodásunk alapvető célja a talaj termékenységének megőrzése és növelése, amely a növények által felvett tápelemek szakadatlan visszapótlását jelenti a növény tápanyag forgalmának ismerete alapján.

A növény tápanyag forgalmát vizsgálva általában az egész föld feletti növény által felvett tápanyagmennyiségek számbavételére törekszünk. Tápanyagokkal jól ellátott talajokon megelégszünk a felvett tápelemek többé-kevésbé egyszerű visszapótlásával, fenntartó trágyázást folytatva, míg a tápanyagszegény talajainkon ezen túlmenően talajgazdagító-feltöltő trágyázást is javasolunk [13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 24, 25, 32, 34, 35, 36]. Viszonylag kevés adattal rendelkezünk azonban arra vonatkozólag, hogy a mai termesztési viszonyaink között — nagy termőképességű fajták, intenzív és rendszeres műtrágyázás, stb. — miképpen is alakul az 1 ha szántóról a növények által évente felvett főbb táplálóanyagok mennyisége. Az összes felvett tápanyagok ismeretén túl különös érdeklődésre tarthat számot a szárazanyag felhalmozás, valamint a tápanyag felvétel dinamikájának vizsgálata a tenyészidő alatt. A vizsgálatok célja számszerűen is jellemzi a növényi szárazanyag felhalmozódás, valamint a tápanyag felvétel intenzitását a fejlődés és a növekedés különböző stádiumaiban. Hasonló jellegű felmérések meglehetősen munkaigényesek. Talán ez utóbbi tényező is hozzájárul ahhoz, hogy az ásványi tápanyag felvétel részletes leírásához szükséges adatokban a nemzetközi irodalom sem bővelkedik, különösen ami a mezo- és mikroelemeket illeti. A makroelem felvétellel többen is foglalkoztak [28, 33, 37, 38].

A növények a talaj tápanyagellátottságával szemben támasztott igénye az ontogenezis folyamán, az egyes fenofázisokban is különböző. A maximális biológiai produkció, illetve termés ezeknek a fejlődési fázisoknak a kumulatív hatásait tükrözi, az összhatást. Ha egy adott fenofázisban valamely termésbefolyásoló tényező, pl. növényi tápanyag, minimumba kerül, terméskieséssel számolhatunk, bár bizonyos kiegyenlítődé is fennáll részben a terméselemek közötti kölcsönhatások, pufferhatások miatt [12, 28, 39]. A korábbi mennyi-

ségi szemlélet helyett tápanyaggazdálkodásunk terén is elsősorban minőségi fejlődés várható, mely többek között egyet jelent a növények tenyészideje alatti tápanyag felvétel ismeretére alapozott trágyázási rendszerrel.

A talaj- és növényvizsgálatokra épülő tudományos igényű trágyázási szaktanácsadás egységes rendszere hazánkban is létrejött, illetve kialakulóban van. A szaktanácsadás a közeljövőben az elektronikus számítógépek programozott ajánlásaiban ölt majd testet, melyhez a növényi tápanyagfelvétel adatai paraméterül szolgálhatnak. A fejlett mezőgazdasággal bíró és sok műtrágyát felhasználó országokban, így hazánkban is, megfigyelhető, hogy a tápelem okozta hiány- és túlsúlyi betegségek száma nem csökken. A nagyadagú makroelem-műtrágyázás, helyenként a túltrágyázás kiválthatja más elemek, elsősorban a fontosabb mikroelemek hiányát vagy toxikus hatású többletét és ezen keresztül veszélyeztetheti a talaj termékenységét [2, 8, 9, 17, 28, 40]. A trágyázási szaktanácsadás — sem külföldön sem itthon, legyen az kézi vagy számítógépes — nem képes teljesen ez utóbbi követelményeknek megfelelni. A növényanalízis még nem adott teljesen megbízható módszert és határértékeket a mikroelemellátottság kontrolljában főbb kultúrnövényeinknél. Még kisebb a talaj-mikroelem vizsgálatokra épülő mikroelemtrágyázási szaktanácsadás hatékonysága. Fontos és különösen időszerű tehát, hogy a növényi makro- és mikroelem forgalmat minél átfogóbban, az intenzív makroelem (NPK) trágyázás függvényében vizsgálva, megismerjük.

Jelen munkánk célja, hogy adatokat szolgáltatassunk az őszi búza legfontosabb mezo- és mikroelemeinek felvételére. A talaj tápanyagállapota és az intenzív makroelemtrágyázás a mezo- és mikroelemek felvételét befolyásolhatja, ezért olyan szabadföldi trágyázási kísérletet választottunk vizsgálatunkban, ahol ez utóbbi tényező tápanyag felvételt módosító szerepét is figyelembe vehettük. A nitrogén, foszfor és kálium felvételére vonatkozó eredményeinket korábban már ismertettük. [25], ezért részletes taglalásuktól itt eltekintünk. Hasonlóképpen nem térünk ki az egyoldalú makroelemtrágyázás, elsősorban a talaj foszfor és kálium ellátottsága, valamint az egyes mikro tápelemek felvétele közötti lehetséges kölcsönhatások részletes irodalmi tárgyalására. Ugyanezen a talajon végzett foszfor és kálium műtrágyázási szabadföldi kísérletünk eredményeinek bemutatásakor erre már módunk nyílt [26]. Érintőlegesen tárgyaljuk a növényi tápelem arányok változásait is. Ismeretes, hogy a növények fejlődésükhöz nemcsak a tápelemek bizonyos koncentrációját, hanem azok optimális arányát is igénylik. Ez utóbbi bizonyos vonatkozásban még fontosabb, mert míg a tápelemek koncentrációja viszonylag tág határok között változhat és gyakran nincs összefüggésben a terméssel — nagyságát számos környezeti tényező befolyásolhatja — addig a tápelem-arányokra megállapított optimumok adott növényfajra, fejlődési fázisra viszonylag állandónak tekinthetők. Korábbi saját vizsgálataink, valamint irodalmi adatok alapján pl. az őszi búza optimális N/P és K/P aránya 10, N/K aránya pedig 1,0 körüli ingadozott a bokrosodás végén [1, 5, 15, 17, 19, 25].

Kísérleti rész

Szabadföldi kísérletünket 1975. őszén állítottuk be egy Duna-Tisza közti karbonátos homoktalajon, az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete Órbottyán melletti kísérleti telepén, véletlen blokk elrendezésben, 4 ismétlésben. A kísérleti terület talaja humuszos (1,2%), közepesen meszes (1-5% CaCO_3)

könnyen oldható káliummal ($\text{AL-K}_2\text{O}$ 5-8 mg%) és foszforral ($\text{AL-P}_2\text{O}_5$ 7-10 mg%) gyengén-közepesen ellátott homok. A leiszapolható rész aránya 10-16%. A talajvizsgálati eredmények szerint a:

$\text{pH}_{\text{KCl}} = 7,2 - 7,4$; $\text{Mg}_{\text{KCl}} = 53 - 56$ ppm; $\text{Mn}_{\text{EDTA}} = 60 - 65$ ppm; $\text{Zn}_{\text{EDTA}} = 1,5 - 1,6$ ppm és a $\text{Cu}_{\text{EDTA}} = 1,2 - 1,5$ ppm. A MÉM NAK által elfogadott módszerek és előzetes határértékek szerint ezek az értékek közepes Mg, valamint nem kielégítő Mn, Zn, Cu ellátottságról tanúskodnak [30].

A kísérleti körülményeket, valamint az alkalmazott agrotechnikát már korábban részletesen ismertettük [25]. A taljavizsgálatok céljaira a kísérlet beállításakor, valamint aratás után, parcellánként 20-20 pontminta egyesítésével átlagmintákat vettünk. Az analíziseket a trágyázási szaktanácsadásban a MÉM NAK által bevezetett módszerekkel végeztük és az eredményeket varianciaanalízissel értékeltük. A tenyészidő folyamán bokrosodáskor, szárbaindulásban, kalászoláskor és virágzáskor parcellánként 4-4 folyóméter föld feletti növényi anyag felhasználásával növénymintákat vettünk. Aratáskor hasonlóképpen 4-4 folyóméter növényi anyagból parcellánként mintakévév vettünk a szem/szalma arány, valamint a fő- és melléktermék beltartalmi vizsgálataihoz. A növényi mintákban meghatároztuk az N-, P-, K-, Ca-, Mg-, Fe-, Mn-, Zn-, Na-, Cu-tartalmakat és súlyukat is megmértük. A növényelemzés adatai minden esetben elemi tápelemtartalmakat jelölnek, abszolút szárazanyagra vetítve. Kísérleti növényünk a köztermesztésben elterjedt *Jubilejnaja*-50 búzafajta volt. Az egységes N_{200} kg/ha N műtrágyázás mellett szokásos adagú $\text{P}_{50}\text{K}_{100}$, illetve $\text{P}_{100}\text{K}_{200}$, valamint feltöltő trágyázás céljaira $\text{P}_{500}\text{K}_{500}$ és $\text{P}_{1000}\text{K}_{1000}$ kg/ha hatóanyagokat alkalmaztunk, hogy az eredetileg foszforral és káliummal gyengén-közepesen ellátott talajon is egy év alatt „közepes” vagy „jó” ellátottságú parcellákat nyerjünk.

A kísérleti eredmények megvitatása

A foszfor- és káliumműtrágyázás egy év alatt is jelentősen megváltoztatta a talaj tápanyagviszonyait. A könnyen oldható P_2O_5 tartalom a 10 mg%-körüli kiindulási értékről a maximális 1000 kg P_2O_5 /ha adag hatására megduplázódott és így a „jól” ellátott tartományba emelkedett. Hasonlóképpen az AL-oldható K_2O tartalom 5,6 mg%-ról 12 mg% fölé emelkedett az 1000 kg K_2O /ha adaggal és így a parcellák talaja „közepesen” ellátottá vált. A talaj felvehető foszfor- és káliumtartalmának emelkedése gyorsütemű és erősen szignifikáns volt [25].

Az őszi búza szárazanyag felhalmozásának menetéről az 1. táblázat tájékoztat az idő, valamint a PK-műtrágyázás függvényében. Az egyes mintavételek között 19–21 nap, átlagosan 20 nap telt el. Az abszolút mennyiségeket tekintve, a mintavételek közötti idő alatt, a legtöbb szárazanyag a szárbainduláskor és a virágzáskor szakaszban képződött (24-24 q/ha). A legkisebb növekedés az érés idejére esett, 8 q/ha felhalmozást mutatva. A szem és a szalma + pelyva közel fele-fele arányban volt hordozója az összes szárazanyag-termelésnek. Ami a PK-kezelések hatásait illeti megállapítható volt, hogy a talaj javuló foszfor és kálium ellátottsága növelte a szárazanyag termelését, azonban a felhalmozás általános menetét lényegesen nem változtatta meg.

Általános tendenciaként megfigyelhetjük az összes Ca-tartalom csökkenését, hígulását a tenyészidő folyamán. A bokrosodáskor Ca-koncentrációját 100-nak véve szárbainduláskor 67, kalászoláskor 58, virágzás idejére 44%-ára

1. táblázat

Az őszi búza szárazanyag-felhalmozása a tenyészidő folyamán
(Száras anyag q/ha, 1976. Jubilejnapja-50)

(1) Tábla adott, kg/ha			(2) Zöld növényben				(3) Aratáskor		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(4) Bokrosodás IV. 20.	(5) Szárba- indulás V. 10.	(6) Kalászos V. 29.	(7) Virágzás VI. 18.	(8) Szem	(9) Szalma	(10) Összes
			VII. 10.						
200	—	—	5,0	26,9	30,0	55,9	33,9	30,9	64,9
200	50	100	4,9	26,9	42,0	65,1	39,5	36,8	76,3
200	100	200	4,9	28,6	45,4	70,4	38,4	35,9	74,3
200	500	500	4,9	31,0	47,1	69,7	39,5	38,1	77,6
200	1000	1000	5,6	29,1	46,4	70,1	40,9	36,7	77,7
SzD _{5%}			0,8	3,7	5,4	7,4	7,3	7,1	12,5
Átlag			5,1	28,5	42,2	66,2	38,4	35,7	74,2
% ₀			7	38	57	89	52	48	100

esett vissza. Aratáskor a szalmában igen erősen feldúsult ez az elem, csaknem elérve a bokrosodás idején mért %-os értékeket, ugyanakkor a generatív szem Ca-tartalma a szalmának 1/10-ét sem tette ki. A legtöbb mintavételi fázisban statisztikailag igazolható a Ca-tartalom csökkenése a foszfor- és káliumműtrágyázás hatására. Bár kísérletünkben a foszfor és kálium hatásait nem tudjuk elkülöníteni, azonban az irodalmi adatok és korábbi saját vizsgálataink alapján ez a csökkenés nagy valószínűséggel a K-Ca antagonizmusra, a talaj javuló K ellátottságára vezethető vissza. Ami a Ca felvételt illeti megállapítható, hogy a tenyészidő folyamán többé-kevésbé egyenletesen, a szárazanyag felhalmozással párhuzamosan, az aratásig tart. A felvétel legintenzívebb szakasza a szárbaindulás fázisa, ez alatt a 20 nap alatt a búza mintegy 40%-át vette fel az aratáskori összes Ca-tartalmának. A Ca mintegy 9/10-e a szalmában maradt, mint az előregedés eleme, lerakódott és nem vándorolt át az érés folyamán a szembe. A 40 q/ha körüli szemtermés előállításához mintegy 27 kg Ca-ot vett fel a növény, melyből 25 kg a szalmában raktározódott el. Tápanyagmérleg szempontjából, ha a melléktermék szalma a táblán marad, a Ca igény lecsökken és elhanyagolható. Ilyen becsléseknél és számításoknál tehát a szalma tápelemtartalmát kell elsősorban figyelembe venni (2. táblázat).

A Mg %-os tartalmának csökkenése szintén kifejezett a tenyészidő folyamán, mintegy 40%-kal alacsonyabbak az abszolút értékek virágzáskor és aratás idején mint a bokrosodás fázisban. A szalma Mg-tartalma csaknem kétszerese a szem Mg-tartalmának, megközelítve a bokrosodáskori abszolút értékeket. A szem és a szalma Mg-tartalmát összevetve azonban nem tapasztaltunk olyan mérvű eltérést a szalma javára, mint a Ca esetében. A Mg ugyanis — mint ismeretes — a N, P és K elemekhez hasonlóan az idősebb növényi részekből, levelekből átszállítódik a növekvő szervekbe, éréskor főképpen a magba. A Ca felvételéhez hasonlóan itt is megnyilvánul a K-trágyázás Mg felvételt gátló hatása, amely különösen a fejlődés korai stádiumaiban, statisztikailag is igazolható. A terméssel felvett Mg-mennyiség folyamatosan és egyenletesen növekszik az aratásig, az aratáskori Mg-tartalom mintegy 2/3-a maradt a szalmában és kb 1/3-a a szemben. A zöld és az aratáskori összes föld feletti növény általában kevesebb Mg-ot tartalmaz, mint Ca-ot (3. táblázat).

2. táblázat

Az őszi búza Ca % tartalmának, valamint a felvett Ca mennyiségének változása a tenyészidő folyamán, 1976.

(1) Talajba adott kg/ha			(2) Zöld növényben				(3) Aratáskor		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(4) Bokrosodás IV. 20.	(5) Szárba- indulás V. 10.	(6) Kulászolás V. 29.	(7) Virágzás VI. 18.	(8) Szem VII. 10.	(9) Szalma VII. 10.	(10) Összes
Ca, ‰									
200	—	—	0,88	0,57	0,44	0,38	0,07	0,69	0,36
200	50	100	0,83	0,53	0,45	0,37	0,06	0,69	0,36
200	100	200	0,80	0,56	0,46	0,34	0,05	0,80	0,41
200	500	500	0,73	0,52	0,49	0,33	0,05	0,74	0,39
200	1000	1000	0,70	0,46	0,45	0,31	0,05	0,62	0,32
SzD _{5%}			0,08	0,07	0,08	0,05	0,01	—	—
Átlag			0,79	0,53	0,46	0,35	0,06	0,71	0,37
n ₀			100	67	58	44	7	90	47
Ca, kg/ha									
200	—	—	4,39	15,6	16,9	21,1	2,28	21,3	23,6
200	50	100	4,07	14,4	18,9	24,2	2,45	25,4	27,9
200	100	200	3,87	16,3	20,5	23,7	1,94	28,8	30,7
200	500	500	3,55	16,1	22,7	23,2	1,94	28,2	30,1
200	1000	1000	3,94	13,4	20,8	21,7	2,05	22,8	24,8
SzD _{5%}			0,60	3,4	4,7	4,3	0,74	5,0	5,1
Átlag			3,96	14,6	20,0	22,8	2,13	25,3	27,4
n ₀			14	53	73	83	8	92	100

A Na fiziológiai szerepe még nem teljesen tisztázott. Régebbi kézikönyvekben egyáltalán nem szerepel tápelemként. Újabban BERGMANN [2] már a főbb kultúrnövényeket Na igényességük alapján csoportosítja és a búzát mint Na-igényes növényt említi. Tény azonban, hogy a gyakorlati termesztés körülményei között Na hiánya nem fordul elő, minthogy a talajok túlnyomó része elegendő nátriumot tartalmaz, amellet a különböző ásványi és szerves trágyák folyamatos Na-utánpótlást szolgáltatnak. Ismert az is, hogy a répa-félék kedvezően reagálnak a Na trágyázásra elegendő K ellátottság esetén is. Tekintettel arra, hogy kísérletünk talaja káliumban szegény homok, szükségesnek tartottuk a növényi felvétellel előálló Na veszteségek mértékét megbecsülni a 4. táblázatban, annál is inkább, mert erre vonatkozó adatokat sem a hazai, sem a külföldi szakirodalomban nem találtunk.

Az őszi búza átlagos Na-tartalma meglehetősen kicsi, közelebb áll a Fe és Mn mikroelemekhez, mint a korábban tárgyalt Ca és Mg mezo-elemekhez, a növényben mért koncentrációja alapján (4. tábl.). A hígulási effektus kifejezett, a bokrosodáskori Na-tartalom közel 1/3-ára csökken az aratáskori összes földfeletti növényben. A szalma Na-tartalma átlagosan kétszerese a szem Na-tartalmának. Kísérletünkben a foszfor- és káliumműtrágyázás igazolhatóan nem módosította a Na koncentrációját a növényben a fejlődés folyamán. A Na meghatározása meglehetősen nehéz, az adatok szórása nagy, melyre az abszolút tartalmak 30-60%-ot kitevő SzD_{5%} értékei is utalnak. A felvett Na

3. táblázat

Az őszi búza Mg% tartalmának, valamint a felvett Mg mennyiségének változása a tenyészidő folyamán, 1976.

(1) Talajba adott, kg/ha			(2) Zöld növényben				(3) Aratáskor		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(4) Bokrosodás IV. 20.	(5) Szárba- indulás V. 10.	(6) Kalászosdás V. 29.	(7) Virágzás VI. 18.	(8) Szem	(9) Szalma	(10) Összes
							VII. 10.		
Mg, %									
200	—	—	0,26	0,17	0,14	0,13	0,11	0,19	0,15
200	50	100	0,24	0,17	0,15	0,15	0,11	0,19	0,15
200	100	200	0,22	0,18	0,15	0,14	0,11	0,24	0,17
200	500	500	0,19	0,14	0,13	0,13	0,11	0,20	0,15
200	1000	1000	0,18	0,13	0,13	0,12	0,12	0,16	0,14
SzD _{5%}			0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	—	—
Átlag			0,22	0,16	0,14	0,13	0,11	0,20	0,15
%			100	73	64	59	50	90	68
Mg, kg/ha									
200	—	—	1,28	4,57	5,19	7,31	3,74	5,87	9,60
200	50	100	1,20	4,57	6,11	9,52	4,21	6,99	11,20
200	100	200	1,08	5,04	6,53	9,46	4,09	8,63	12,72
200	500	500	0,90	4,36	6,24	8,76	4,23	7,62	11,85
200	1000	1000	1,01	3,58	5,91	8,37	4,69	5,88	10,56
SzD _{5%}			0,26	1,35	0,91	1,90	0,91	1,38	1,92
Átlag			1,09	4,42	6,00	8,68	4,19	7,00	11,19
%			10	39	54	78	37	63	100

mennyiségi viszonyait elemezve a tenyészidő során azonban megállapítható, hogy az aratáskori összes felvett Na mennyiségének több mint felét, mintegy 60%-át a szárbaindulás ideje alatt halmozta fel a növény. Jelentős a virágzás-kori tápelemfelvétel, amelyet az érés során abszolút veszteség követ. Alapvetően a szalma az összes felvett Na 2/3-ával e tápelem hordozója, azonban egy 40 q/ha körüli átlagos szemtermésnél az összes Na „vesztesség” sem haladja meg az 1-2 kg/ha mennyiséget. Gabonatermesztésünkben jelenleg alkalmazott káliumműtrágya formák ezeket a veszteségeket biztonságosan fedezhetik, hisz pl. a 40%-os KCl minden q-ja átlagosan 10 kg, az 50%-os KCl 5-6 kg, sőt még a 60%-os KCl is 2-1 kg/ha Na-ot tartalmaz [29].

Az őszi búza Fe felvételének alakulásáról az 5. táblázat adatai tájékoztatnak. Az adatokból megállapítható, hogy a föld feletti növény Fe-tartalma nem lényegesen de tendencia jelleggel csökkent a tenyészidő folyamán, inkább bizonyos ingadozásokról beszélhetünk. A bokrosodás idején mért Fe koncentráció kalászás-virágzás fázisában 20-30%-os hígulásával az aratáskori összes föld feletti növény 20-25%-os feldúsulása állt szemben. A trágyázás igazolhatóan nem befolyásolta a koncentrációk alakulását a fejlődés egyetlen fázisában sem. Analitikai szempontból a Fe kritikus elem, amennyiben a minták szennyeződésének veszélye, a minták előkészítése — különösen a darálás — során fennáll. Összehasonlító vizsgálataink szerint azonban az általunk használatos, jól karbantartott és tisztított kalapácsos darálók nem szennyezték a növényi mintákat jelentős mértékben, illetve a főbb mikroelemekben

4. táblázat

Az őszi búza Na-tartalmának, valamint a felvett Na-mennyiségének változása a tenyészidő folyamán, 1976.

(1) Talajba adott, kg/ha			(2) Zöld növényben				(3) Aratáskor		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(4) Bokrosodás IV. 20.	(4) Szárba- indulás V. 10.	(6) Kalászosítás V. 29.	(7) Virágzás VI. 18.	(8) Szem	(9) Szalma	(10) Összes
							VII. 10.		
Na, ppm									
200	—	—	440	310	230	270	110	310	200
200	50	100	670	430	280	330	90	210	160
200	100	200	520	450	260	310	110	240	170
200	500	500	440	380	250	340	110	310	210
200	1000	1000	480	330	210	260	130	210	170
SzD _{5%}			250	110	130	88	60	—	—
Átlag			510	380	250	300	130	260	180
%			100	75	49	59	25	51	35
Na, g/ha									
200	—	—	219	835	690	1509	373	958	1331
200	50	100	330	1158	1175	2149	356	773	1129
200	100	200	253	1289	1180	2181	422	862	1284
200	500	500	215	1174	1177	2371	435	1181	1616
200	1000	1000	270	961	975	1823	532	771	1303
SzD _{5%}			140	400	620	590	220	200	280
Átlag			257	1083	1039	2007	424	909	1333
%			19	81	78	151	32	68	100

nem tapasztaltunk feldúsulást az egyéb előkészítési módokkal (porcelántégelyben, illetve kézzel homogenizált, valamint a speciális mikroelem vizsgálatokra javasolt kisdarálással őrölt) szemben. Az adatok szórása ennek ellenére nagy volt, bár a Na meghatározás hibáját nem érte el. A felvett Fe-mennyisége folyamatosan nőtt a tenyészidő folyamán, a szárazanyag felhalmozással párhuzamosan. A virágzástól az aratásig tartó generatív érési szakaszban vette fel a növény az aratáskori összes Fe hozamának több mint 40%-át. Aratáskor a szalmában található az összes Fe mennyiségének 80%-a, míg a szemben csak 20%-a. Mint ismert, a Fe is a Ca-hoz hasonlóan nehezen szállítódik a növényben és lerakódik az idősebb szövetekben. Tápanyagmérleg szempontjából tehát elsősorban a szalma Fe-tartalmával kell számolnunk, amely 40 q/ha-körüli átlagos búzatermés esetén mindössze 1-2 kg Fe/ha mennyiségeket tehet ki.

A Mn-tartalom alakulását a 6. táblázatban mutatjuk be. Ami e tápelem koncentrációjának változását illeti a tenyészidőszak folyamán, hasonló megállapítást tehetünk mint a Fe esetében. A föld feletti növény Mn-tartalma lényegesen nem változott, itt is inkább ingadozásról beszélhetünk. A bokrosodás idején mért Mn koncentráció kalászosítás-virágzás fázisában mintegy 20%-kal csökkent, majd az aratáskori összes föld feletti termésben (szem + szalma) ismét enyhén emelkedett. Az adatok szórása kicsi és jól igazolható a PK-műtrágyázás Mn felvételét elősegítő hatása egészen az aratásig. Ismert, hogy a Ca és a Mg gátlólag hat a Mn felvételére és a növényen belüli transzportjára, míg a K elősegíti a Mn felvételt [2, 28].

5. táblázat

Az őszi búza Fe-tartalmának valamint a felvett Fe-mennyiségeinek változása a tenyészidő folyamán, 1976.

(1) Talajba adott, kg/ha			(2) Zöld növényben				(3) Aratáskor		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(4) Bokrosodás IV. 20.	(5) Szárba- indulás V. 10.	(6) Kalászos V. 29.	(7) Virágzás VI. 18.	(8) Szem VII. 10.	(9) Szalma	(10) Összes
Fe, ppm									
200	—	—	194	181	134	157	83	280	177
200	50	100	193	203	133	171	87	472	272
200	100	200	201	191	121	141	93	495	287
200	500	500	195	160	131	154	90	437	260
200	1000	1000	189	174	136	150	86	330	201
SzD _{5%}			53	44	20	25	10	—	—
Átlag			194	182	131	155	88	403	239
0 ₀			100	94	68	80	45	208	123
Fe, g/ha									
200	—	—	106	486	506	876	285	865	1149
200	50	100	97	547	556	1110	340	1737	2077
200	100	200	98	550	549	992	353	1780	2132
200	500	500	95	496	617	1074	356	1664	2020
200	1000	1000	107	510	651	1053	349	1213	1562
SzD _{5%}			25	165	98	178	70	297	337
Átlag			100	518	576	1021	336	1451	1788
0 ₀			6	29	32	57	19	81	100

A fentebb ismertetett Ca és Mg felvételénél utaltunk arra, hogy a Ca és a Mg koncentrációk csökkenése a talaj javuló K ellátottságának számlájára írható. A K-trágyázás a Ca és Mg felvételt gátolva, egyben az őszi búza Mn ellátottságát is javította. Ebben az irányban hatott minden bizonnyal a P-műtrágyázás is, amennyiben a magasabb növényi P-tartalommal tapasztalataink szerint [10, 20, 21] magasabb Mn-tartalom jár együtt. E jelenséget más kultúrákon, mint pl. a kukoricán is megfigyeltük [17]. A foszfor és a mangán közötti szinergizmus, illetve Mg-Mn közötti antagonizmus magyarázatául az a hatásmechanizmus szolgál, melyben a Mn részt véve a foszforlációs folyamatokban a Mg-ot helyettesíteni képes. Más folyamatokban, melyek a vegyértékváltással függnek össze, inkább a vaséhoz hasonlít e tápelem viselkedése.

A tenyészidő során felvett Mn-mennyisége nőtt egészen az aratásig, azonban nem érte el a felvett Fe-mennyiségét. A 40 q/ha körüli, jelenlegi átlagos búza szemtermés előállításához e talajon mindössze 0,5 kg/ha Mn-ra volt szükség. Az összes felvett Mn-tartalmának közel 2/3-a a szalmában akkumulálódott. Megállapítható, hogy az őszi búza Mn igénye is igazodik a növény fiziológiai korához. A növény szárbaindulás stádiumában vette fel az aratáskori összes Mn-tartalmának 30%-át. Tápelem-mérleg szempontjából a jelenlegi terméseinkkel felvett Mn-tartalom elhanyagolható. Sokkal fontosabbnak tűnik a talajtermékenység megőrzése szempontjából a helyes tápelemarányok fenntartása a talajoldatban és a növényben, melyre az egyoldalú és kumulatív

6. táblázat

Az őszi búza Mn-tartalmának, valamint a felvett Mn-mennyiségének változása a tenyészidő folyamán, 1976.

(1) Talajba adott, kg/ha			(2) Zöld növényben				(3) Aratáskor		
			(4) Bokrosodás IV. 20.	(5) Szárbaindulás V. 10.	(6) Kalászosítás V. 20.	(7) Virágzás VI. 18.	(8) Szem	(9) Szalma	(10) Összes
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	VII. 10.						
			Mn, ppm						
200	—	—	57,9	50,9	42,6	40,1	37,5	90,0	62,8
200	50	100	60,2	56,6	43,5	53,3	38,7	56,9	47,4
200	100	200	63,8	61,4	53,5	58,2	43,5	74,7	58,3
200	500	500	67,8	60,6	52,6	54,9	41,8	100,0	70,4
200	1000	1000	72,4	64,2	55,5	61,6	45,9	84,0	63,7
SzD _{5%}			7,2	9,5	7,9	7,9	8,2	—	—
Átlag			64,4	58,7	49,5	53,6	41,5	81,1	72,2
%			100	91	77	83	64	126	112
			Mn, g/ha						
200	—	—	28,9	137,9	163,4	226,5	129,8	277,9	407,6
200	50	100	30,2	156,5	185,3	346,9	152,5	209,4	361,9
200	100	200	30,9	175,6	241,4	407,1	165,0	268,5	433,5
200	500	500	33,1	187,4	247,5	381,7	165,4	380,8	546,2
200	1000	1000	40,6	187,3	271,7	431,3	186,3	308,7	495,0
SzD _{5%}			7,3	35,7	39,3	65,6	35,8	60,3	82,4
Átlag			32,7	168,9	221,9	358,7	159,8	289,1	448,9
%			7	38	49	80	36	64	100

PK-műtrágyázás jelentős hatással bír és ezen keresztül befolyásolja a mikroelemek, így a Mn fiziológiai felvehetőségét is.

A kalászosok Zn igénye általában kicsi, ennek megfelelően a növényi részek Zn-tartalma is csekély. Kísérletünkben az őszi búza Zn-tartalma 30-40 ppm körül ingadozott és meglehetősen állandó maradt a zöld növényben, hígulást csak az érés idején, a generatív fázisban tapasztaltunk (7. táblázat). Ismert, hogy a Zn mozgékonyága a lúgos talajokon csekély, különösen ha azok foszfátokban gazdagok. Vizsgálataink során e talajon azonban nem tudtunk Zn-tartalom csökkenést regisztrálni a PK-trágyázás függvényében. Aratáskor elsősorban a szemtermésben halmozódott fel ez a tápelem, míg a szalma Zn-tartalma a bokrosodáskor mért értékeknek felére csökkent. Az őszi búza Zn igénye szárbaindulás idején volt a legkifejezettebb, amikor is mintegy 20 nap alatt a betakarításkori (összes szem + szalmában foglalt) Zn-mennyiségének több mint 60%-át vette fel a növény. A növény által kivont Zn-mennyisége virágzáskor volt a legnagyobb, mitegy 210 g/ha, míg aratás idejére ez a mennyiség 155 g/ha-ra esett vissza. Termesztési szempontból figyelemre méltó, hogy az aratás idejére felvett összes Zn-tartalom közel 2/3-át a szemben találjuk és nem a szalmában. Hosszú évszázadok óta gabonatermesztési rendszerünkben a szemterméssel együtt nemcsak a P távozott a talajból, hanem vele együtt a Zn is, bár lényegesen kisebb mennyiségben. Egyre gyakrabban figyelhetünk meg Zn hiányt szántóföldi növényeinkben, elsősorban a Zn igé-

7. táblázat

Az őszi búza Zn-tartalmának, valamint a felvett Zn-mennyiségének változása a tenyészidő folyamán, 1976.

(1) Talajba adott, kg/ha			(2) Zöld növényben				(3) Aratáskor		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
			Bokrosodás IV. 20.	Szárba- indulás V. 10.	Kalászosítás V. 29.	Virágzás VI. 18.	Szem	Szalma	Összes
VII. 10.									
			Zn, ppm						
200	—	—	32,4	41,4	36,1	31,1	27,8	15,6	21,8
200	50	100	35,6	41,1	37,4	33,6	26,1	15,6	21,0
200	100	200	33,9	43,6	35,2	31,6	25,6	15,6	21,0
200	500	500	36,1	41,8	32,1	31,2	25,0	15,6	20,3
200	1000	1000	34,7	42,9	35,5	31,2	26,1	15,6	20,8
SzD _{5%}			6,5	7,7	5,8	5,8	5,8	—	—
Átlag			34,5	42,2	34,7	31,8	26,1	15,6	21,0
%			100	122	101	92	76	45	61
			Zn, g/ha						
200	—	—	16,1	112,3	139,2	177,1	94,8	46,5	141,2
200	50	100	17,9	110,8	146,1	218,6	102,6	57,4	160,0
200	100	200	16,6	123,0	160,6	220,6	96,8	56,1	152,9
200	500	500	17,6	128,8	150,6	215,8	98,3	59,4	157,7
200	1000	1000	19,5	124,5	164,3	216,1	104,7	57,3	162,0
SzD _{5%}			4,8	23,1	34,2	40,3	25,9	11,6	29,2
Átlag			17,5	119,9	152,2	209,6	99,4	55,3	154,8
%			11	77	98	135	64	36	100

nyesebb kukoricában, mely részben visszavezethető a tartósan Zn hiányos tápelem-gazdálkodásunkra. A Zn mozgékonyasága csekély és a legtöbb talaj felvehető Zn-tartalma is alacsony. Istállótrágyázott terület, az évente rendszeresen istállótrágyázott szántó részaránya mindössze 10-20% hazánkban. A rendszeres istállótrágyázás elejét veszi a Zn hiálynak, mert az istállótrágya jelentős mennyiségű Zn-et tartalmaz. Az a körülmény, hogy Nyugat-Európában mindig intenzíven istállótrágyáztak, ez megmagyarázza, hogy ott kisebb mértékben jelentkezik Zn hiány, mint a tengertúli országokban vagy hazánkban.

Fontos tápelem a Cu, annak ellenére, hogy meghatározása egészen az utóbbi időkig, az atomabszorpciós és más műszeres analitikai eljárások elterjedéséig nagy nehézségekbe ütközött rendkívül csekély mennyisége miatt. A kalászosok ugyanakkor Cu igényes növények, sőt „specifikus részigényességük”-ről beszélünk. Kísérleti körülményeink között az őszi búza Cu-tartalma 6-8 ppm körül ingadozott a tenyészidő folyamán és többé-kevésbé állandó maradt. A PK-műtrágyázás a Cu felvételt kimutathatóan nem módosította (8. táblázat). A Cu felvétele ugyanis elsősorban a talaj iontartalmától függ, más kationok konkurenciája gyakorlati szempontból jelentéktelen [28].

A szárazanyag felhalmozódással párhuzamosan a felvett Cu mennyisége aratásig emelkedett és közel fele-fele arányban oszlott meg a szem és a melléktermék szalma között, 20-30 g/ha mennyiséget képviselve.

Az őszi búza tápelem forgalmának számszerű jellemzésén túlmenően természetesen lehetőségünk nyílik az adott termőhely talajának tápelem ellátott-

8. táblázat

Az őszi búza átlagos Cu-tartalmának, valamint a felvett Cu-mennyiségének változása a tenyésztő folyamán, 1976.

(1) Talajba adott, kg/ha			(2) Zöld növényben				(3) Aratáskor		
			(4) Bokrosodás IV. 20.	(5) Szárba- indulás IV. 20.	(6) Kalászosítás V. 29.	(7) Virágzás VI. 18.	(8) Szem	(9) Szalma	(10) Összes
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	VII. 10.						
Átlag			Cu, ppm						
			8,0	6,0	9,0	7,5	6,0	8,7	7,4
‰			100	75	112	93	75	110	91
200			Cu, g/ha						
			3,99	16,2	34,2	41,9	20,4	25,3	45,7
50			3,94	16,2	37,8	48,8	23,7	32,0	55,7
100			3,89	17,2	40,8	52,8	23,0	31,3	54,3
500			3,90	18,5	42,4	52,4	23,7	38,1	61,8
1000			4,50	17,5	41,8	52,6	24,6	32,0	56,6
SzD _{5%}			0,61	2,3	4,8	5,5	4,4	6,4	9,4
Átlag			4,04	17,1	39,4	49,7	23,1	31,7	54,8
‰			7	31	72	91	42	58	100

ságát is megbecsülni, tápelem szolgáltató képességéről informálódni. Ehhez elsősorban a fiatal zöld növény ásványi összetétele nyújt támpontokat, különösen a tápelem arányok, melyek a kiegyensúlyozott tápláltság kontrolljában mérvadók. Ami a tápelemkoncentrációt illeti Zn esetén 15 ppm, Mn esetén 30, Cu esetén 5 ppm alatt rosszul ellátottnak tekintik a szárbaszökésben levő búzát [27]. BERGMANN és NEUBERT [4] szerint a bokrosodás végén — kalászás között kielégítően ellátott a búza az egyes tápelemekkel ha a Ca 0,5-1,5%; Ca/P arány 1,0-körüli; Mg 0,2-0,4%; Mg/P aránya 0,4-körüli; a Cu 3-10; a Fe kb. 20-200; Mn 20-60; a Zn pedig 20-70 ppm tartományba esik. BERGMANN [2] a kielégítő Mn ellátottságnál általában a növényben 350 körüli Ca/Mn arányt tekint — irodalmi tanulságok alapján — normálisnak. Korábbi tanulmányunkban [26] megkíséreltük az irodalmi határértékeket az őszi búzára összegyűjteni és egyben az optimális ellátottsági tartományokat a főbb tápelem-arányokkal is jellemezni. Az egyes mezo- és mikroelemekkel való ellátottsági határok kijelölésére ezúton csak a „közepes” ellátottsági tartományokat mutatnánk be, mely alatt a bokrosodás végén — szárbaindulásban levő őszi búza rosszul, felette pedig jól ellátottnak tekinthető:

Tápelem	Tartalom	Arány
Ca	0,5–1,5%	Ca/P = 1,0–2,0
Mg	0,2–0,4%	K/Mg = 22–11
Fe	21–200 ppm	P/Fe = 195–20
Mn	34–65 ppm	P/Mn = 124–63
Zn	29–40 ppm	P/Zn = 141–102
Cu	5–10 ppm	P/Cu = 820–410

9. táblázat

Az őszi búza P/Fe, P/Mn és P/Cu arányainak változása a tenyészidő folyamán, 1976.

(1) Talajba adott, kg/ha			(2) Zöld növényben				(3) Árattáskor		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(4) Bokrosodás IV. 20.	(5) Szárba- indulás V. 10.	(6) Kalászosítás V. 29.	(7) Virágzás VI. 18.	(8) Szem	(9) Szalma	(10) Összes
							VII. 10.		
P/Fe									
200	—	—	22,2	20,4	16,4	10,8	39,8	3,2	12,4
200	50	100	24,9	19,2	17,3	11,7	40,2	1,5	8,1
200	100	200	23,9	22,0	22,3	14,9	37,6	1,8	8,0
200	500	500	29,7	28,1	22,9	14,3	45,6	3,0	10,4
200	1000	1000	31,2	28,7	22,1	18,0	47,7	3,6	13,4
Átlag			26,4	23,7	20,2	14,3	42,2	2,6	10,5
P/Mn									
200	—	—	74	73	52	50	88	10	35
200	50	100	80	69	53	38	90	12	46
200	100	200	75	68	50	36	80	12	39
200	500	500	86	74	57	40	98	13	38
200	1000	1000	81	78	54	44	89	14	42
Átlag			79	72	53	42	89	12	40
P/Zn									
200	—	—	133	89	61	61	119	58	101
200	50	100	135	95	61	60	134	45	105
200	100	200	142	96	77	66	137	58	109
200	500	500	161	108	93	96	164	83	133
200	1000	1000	170	117	85	87	157	77	130
Átlag			148	101	75	75	142	64	116
P/Cu									
200	—	—	538	617	244	267	550	103	297
200	50	100	600	650	256	267	583	80	297
200	100	200	600	700	300	280	583	103	310
200	500	500	725	750	333	293	683	149	365
200	1000	1000	738	833	333	360	683	138	365
Átlag			640	720	293	293	615	115	327

Ha a 9. táblázatban feltüntetett tápelem arányokat vizsgáljuk, megállapítható, hogy a PK-műtrágyázás, illetve a talaj eltérő P ellátottsága kifejezetten tágitotta a P/Fe, P/Zn és a P/Cu arányait. A nagyadagú P-műtrágyázás nem veszélyeztette az őszi búza Fe és Mn ellátottságát sem a koncentráció, sem a P/Fe, illetve P/Mn arányának módosulása alapján. Bár a kalászosok nem érzékenyek a Zn tápelemre, ennek ellenére fel kell hívunk a figyelmet, hogy a Duna-Tisza közti meszes homoktalajon különösen erősen foszfortrágyázott viszonyok között és Zn igényesebb kultúrában, mint pl. a kukorica, a Zn hiánya a talaj termékenységét veszélyeztetheti. A P/Zn aránya bokrosodás végén 150 fölé tolódott el, amely a gyengén ellátottság határa. Hasonlóképpen ítéltető meg a Cu ellátottság helyzete, analóg a Zn tápelemre elmondottakkal, annyiban kiegészítve, hogy a kalászosok Cu igényessége ismeretében Cu-trá-

10. táblázat

Az őszi búza K/Ca, K/Mg, K/Na és Ca/Mn arányainak változása a tenyészidő folyamán, 1976.

(1) Talajba adott, kg/ha			(2) Zöld növényben				(3) Aratáskor		
			(4) Bokrosodás IV. 20.	(5) Szárba- indulás V. 10.	(6) Kalászosítás V. 29.	(7) Virágzás VI. 18.	(8) Szem	(9) Szalma	(10) Összes
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	VII. 10.						
K/Ca									
200	—	—	3,7	4,0	3,1	2,4	5,8	2,0	2,3
200	50	100	4,7	5,4	3,6	2,5	6,5	1,6	2,1
200	100	200	4,8	5,8	4,5	3,4	7,8	1,9	2,3
200	500	500	6,6	6,6	4,7	3,5	8,8	2,3	2,7
200	1000	1000	6,8	8,3	5,2	4,3	8,4	2,9	3,3
Átlag			5,3	6,0	4,2	3,2	7,5	2,1	2,5
K/Mg									
200	—	—	12,6	13,5	9,7	7,1	3,5	7,2	5,5
200	50	100	16,3	19,2	10,7	6,3	3,7	5,9	4,9
200	100	200	17,6	17,9	13,8	8,2	3,5	6,3	5,5
200	500	500	25,4	24,6	17,6	8,9	4,0	8,7	7,1
200	1000	1000	26,3	29,2	18,2	11,2	3,5	11,1	7,6
Átlag			19,6	20,9	14,0	8,3	3,6	7,8	6,1
K/Na									
200	—	—	74,3	73,9	59,1	34,1	35,4	43,9	41,5
200	50	100	58,5	66,9	57,1	28,5	45,6	53,8	46,3
200	100	200	74,4	71,6	79,6	37,1	35,4	62,5	54,7
200	500	500	109,8	90,5	91,6	34,1	40,0	55,8	50,9
200	1000	1000	98,8	115,2	112,4	51,5	32,3	84,8	62,9
Átlag			83,2	83,7	79,9	37,1	37,7	60,2	51,3
Ca/Mn									
200	—	—	152	112	103	95	13	70	57
200	50	100	138	94	103	71	16	121	76
200	100	200	125	91	86	58	11	107	70
200	500	500	108	86	93	60	12	74	55
200	1000	1000	97	72	81	50	11	74	50
Átlag			124	91	93	67	13	89	62

gyázás is javasolható, különösen a feltöltő P műtrágyázással egybekötve. A tápelemarányok vizsgálatából az is kitűnik, hogy azok változnak a tenyészidő folyamán, mert az egyes tápelemek felvételének dinamikája eltérő. A makroelemek tartama a tenyészidő folyamán gyorsabban csökken, mint a legtöbb mikroelemé, így a makro/mikroelem arányok szűkülnek. Így pl. az őszi búza bokrosodáskori P/Fe aránya 26-ról kerekén 10-re, a P/Mn aránya 79-ről 40-re, a P/Zn aránya 148-ról 116-ra, míg a P/Cu aránya 640-ről 327-re változott az aratásig.

A 10. táblázatban elsősorban a K-trágyázás ilyen irányú hatásait mutatjuk be. A K/Ca, K/Mg, K/Na aránya hasonlóképpen kifejezetten szűkült a tenyészidő folyamán, mint a P/Fe, P/Zn, P/Cu arányai. Amint arra már korábban rámutattunk a makroelemek tárgyalásánál [25] a K-felvétel maxi-

11. táblázat

Az őszi búza átlagos fajlagos tápelemtartalmának alakulása aratás idején
(10 q szemben és a hozzátartozó szalmában foglalt tápelemtartalom)

(1) Talajba adott, kg/ha			kg/ha		g/ha					
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	B
A) Saját kísérletben (trágyázás hatására)										
200	—	—	6,9	2,8	382	417	120	41	13	—
200	50	100	7,0	2,8	311	526	92	41	14	—
200	100	200	8,0	3,3	331	555	113	40	14	—
200	500	500	7,6	3,0	410	511	138	40	16	—
200	1000	1000	6,1	2,6	320	381	121	40	14	—
Átlag			7,1	2,9	352	478	117	40	14	—
B) Irodalomban közölt										
EL KHOLI (1961) [11]			4	2	—	500	112	112	12	5
BERGMANN (1968) [3]			5	3	—	—	78	50	15	15
CZUBA (1969) [7]			4	4	—	—	58	—	10	3
CZARNOWSKA (1975) [6]			—	—	—	217	56	40	8	—
NEUBERG et al.: (1978) [31]			—	—	—	—	58	45	8	9
ELEK-KÁDÁR (1978) [10]			5	3	—	234	124	32	14	—

mutát már a fejlődés korai szakaszában, szárbainduláskor elérheti és a későbbiekben abszolút értelemben is K-ot veszít, melynek mértéke az aratásig a 30%-ot is meghaladhatja. A K-trágyázással a Ca ionok túlsúlya e meszes talajokon mérsékelhető, tágul a K/Ca arány és ez közvetetten elősegítheti más mikroelemek felvételét mint a Fe, Mn, Zn, Cu, melyek mozgékonyasága a magas mésztartalom miatt általában meglehetősen alacsony. A Ca/Mn arány fiziológiai értelmét abban ismerték fel, hogy a talaj nagy pH értékén kívül a fokozott Ca-tartalom is gátolja a Mn-ion felvételét és a növényeken belüli transzportját. A tápelemtartalmak alapján számított optimális Ca/Mn aránya 100-200 között becsülhető. A trágyázás, esetünkben az együttes PK-műtrágyázás, a Ca túlsúlyát jelentősen — az őszi búza fejlődésének korai szakaszában mintegy 50%-ban mérsékelte.

A 11. táblázatban összefoglaltuk az őszi búza átlagos fajlagos mezo- és mikroelemtartalmát, melyek a tápanyagmérleg számításoknál, a tervezett termés tápelemtartalmának becsülésénél, illetve a trágyázási szaktanácsadásban iránymutatóul szolgálhatnak. A saját kísérletünkben nyert adatokat a PK-műtrágyázás függvényében mutatjuk be, hogy az intenzív műtrágyázás (a kumulatív P és K szintek) mezo- és mikroelemfelvételt módosító szerepét is megbecsülhessük. Összehasonlítás céljából és tájékoztató jelleggel az irodalomban közölt átlagos fajlagos tápelemtartalmakat is feltüntettük. Korábban, mészlepedékes csernozjom talajon *Kavkaz* fajtájú őszi búzával végzett kísérletünk eredményei szerint [10] az átlagos fajlagos tápelemtartalom, közel azonos volt, mint jelen kísérletünkben. Adataink alapján arra következtethetünk, hogy a hazai meszes talajainkon még az ezredforduló táján várható 80-100 q/ha búza termésünkkel sem lép fel nagyobb növényi „tápelemtartalomvesztés” mint hektáronként és évenként: 50-70 kg Ca, 30-35 kg Mg, 3-4 kg Na, 3-5 kg Fe, 1-2 kg Mn, 30-40 dkg Zn, 15-20 dkg Cu.

Következtetések

A szárazanyag felhalmozódása a tenyészidő folyamán többé-kevésbé kiegyenlített és az aratásig tart (1. táblázat). Kísérletünkben a PK-műtrágyázás hatására, a szárba indulástól az érésig mintegy 20-40%-kal nőtt a szárazanyag produkciója, azonban a felhalmozás általános menetét ez lényegesen nem befolyásolta. Amint arról előző munkánkban beszámoltunk [25] a szárazanyag felhalmozással analóg képet adott a P és a N felvétele is a tenyészidő folyamán.

A Ca %-os tartalma a bokrosodáskorinak 44%-ára esett vissza a virágzás idejére. Aratáskor a szalmában dúsult fel ez az elem, megközelítve a föld feletti növényben bokrosodáskor mért koncentrációkat, míg a szem Ca-tartalma a szalmának 1/10-t sem tette ki. A mintavételi fázisok legtöbbször statisztikailag igazolhatóan csökkent a Ca-tartalom a PK-műtrágyázás függvényében, melyet a K-Ca ionantagonizmus jelenségére vezettünk vissza. A föld feletti növény által kivont Ca mennyisége a tenyészidő folyamán, megközelítően párhuzamosan a szárazanyag felhalmozásával, az aratásig tartott. A 40 q/ha körüli szemtermés előállításához e meszes talajon mintegy 27 kg Ca-ot vett fel a növény, melyből 25 kg a szalmában raktározódott el. Amennyiben tehát kombájnnal aratásnál a szalma a táblán marad, jelentős növényi Ca veszteséggel nem kell számolnunk (2. táblázat).

A Mg-tartalom csökkenése szintén kifejezett volt a tenyészidő folyamán, bár a Ca-hígulás mértékét nem érte el. A szem és a szalma Mg-tartalmát összevetve, nem tapasztalunk olyan mérvű feldúsulást a szalmában, mint a Ca esetén. A Ca felvételénél tapasztaltakhoz hasonlóan itt is megnyilvánult azonban a K-műtrágyázás Mg felvételét gátló hatása, különösen a fejlődés korai stádiumaiban. A terméssel felvett Mg mintegy 2/3-a maradt a szalmában és kb 1/3-a a szemtermésben (3. táblázat).

Az őszi búza átlagos Na-tartalmát meglehetősen alacsonynak találtuk, a növényben mért koncentrációja alapján ez az elem közelebb állt a Fe, Mn mikroelemekhez, mint a korábban taglalt Ca és Mg mezoelemekhez. A hígulási effektus jelentős volt a tenyészidő folyamán, a bokrosodáskori Na-tartalom ugyanis közel 1/3-ára csökkent az aratáskori összes föld feletti növényben. Jelenlegi átlagos búzaterméseink 1-2 kg/ha Na igényét a nyers káliumtrágyák biztonságosan fedezni képesek. A terméssel felvett Na közel 2/3-a a szalmában maradt (4. táblázat).

A föld feletti növény Fe-tartalma lényegesen nem csökkent a tenyészidő folyamán, inkább bizonyos ingadozást tapasztalhattunk. Ebből adódóan az összes felvett Fe mennyisége a szárazanyag felhalmozással megközelítően párhuzamosan emelkedett. Tápanyagmérleg szempontjából elsősorban a szalma Fe-tartalmával kell számolnunk, amely az 1-2 kg/ha aratáskori összes Fe-tartalomról mintegy 80%-ban részesedett (5. táblázat).

A Fe-tartalomhoz hasonlóan, lényegesen nem változott a Mn koncentrációja sem a tenyészidő folyamán. A PK-műtrágyázás Mn felvételt elősegítő hatása egészen az aratásig bizonyítható és jól nyomon követhető volt. A 40 q/ha körüli, búza szemtermés előállításához e talajon mindössze 0,5 kg/ha Mn-ra volt szükség, melynek 2/3-a a szalmában akkumulálódott (6. táblázat).

A kalászosok Zn igénye közismerten kicsi, ennek megfelelően az őszi búza Zn-tartalma is csekély volt, 30-40 ppm körül ingadozott. Ez a Zn koncentráció azonban a zöld növényben meglehetősen állandó maradt, hígulást

csak az érés idején, a generatív fázisban tapasztaltunk. Az őszi búza Zn igénye szárbaindulásban volt a legkifejezettebb, amikor is 20 nap alatt a betakarításkori összes felvett Zn-mennyiségének több mint 60%-át halmozta fel a növény. Termesztési szempontból figyelemre méltó, hogy az aratás idejére felvett összes Zn-tartalom közel 2/3-át a szemben találtuk. Tekintettel arra, hogy e talajok mozgékony Zn készlete csekély, istállótrágyázás nélkül a tartósan Zn hiányos gazdálkodás, Zn igényes kultúrákban terméseszkökeneshez vezethet (7. tábl.).

Az őszi búza Cu-tartalma 6-8 ppm között ingadozott, a vizsgált mikroelemek közül a legalacsonyabb volt és a tenyészidő folyamán viszonylag állandó maradt. A szárazanyag felhalmozódásával párhuzamosan, a felvett Cu-mennyisége aratásig emelkedett és közel fele-fele arányban oszlott meg a szem és szalma között, 20-30 g/ha mennyiségeket képviselve (8. táblázat).

A főbb tápelem arányok alakulását vizsgálva megállapítottuk, hogy a P-műtrágyázás, illetve a talaj javuló P ellátottsága, jelentősen tágitotta a P/Fe, P/Zn, P/Cu arányokat. A nagyadagú PK-műtrágyázás azonban nem veszélyeztette az őszi búza Fe és Mn ellátottságát. A P/Zn aránya ugyanakkor bokrosodás végén 150 fölé emelkedett az erősebben trágyázott talajon, amely már irodalmi adatok szerint a Zn ellátottság romlását tükrözi. Hasonlóképpen nem tekinthető kielégítőnek e talajon a Cu ellátottság, a kalászosok ismert Cu igényessége alapján Cu-trágyázás is javasolható, különösen a feltöltő P-műtrágyázással egybekötve. A tápelemarányok változnak a tenyészidő folyamán, mert az egyes tápelemek felvételének dinamikája eltérő. Általában a makroelemek koncentrációja a tenyészidő folyamán gyorsabban csökken, mint a mikroelemeké, így a makro/mikroelemek aránya szűkül (9. táblázat).

A nagyobb adagú K-műtrágyázással a Ca ionok túlsúlya mérsékelhető e meszes talajon, tágul a K/Ca aránya és ez elősegítheti más mikroelemek, mint a Fe, Mn, Zn, Cu felvételét, melyek mozgékonyasága a magas mésztartalom miatt gyakran nem kielégítő (10. táblázat).

Saját kísérletünk eredményeit, valamint az irodalmi adatokat összefoglalva arra a megállapításra juthatunk, hogy a hazai meszes talajainkon még az ezredforduló táján várható 80-100 q/ha őszi búza szemterméseinkkel sem lép majd fel nagyobb növényi „tápelemvesztés”, mint hektáronként és évenként 50-70 kg Ca, 30-35 kg Mg, 3-4 kg Na, 3-5 kg Fe, 1-2 kg Mn, 30-40 dkg Zn, 15-20 dkg Cu (11. táblázat). Míg a makro- és mezoelemeknél a terméssel kivont tápanyagok szakadatlan visszapótlása a jövőben is az okszerű tápanyag-gazdálkodás alapja, a szaktanácsadás irányelve marad, addig a fontosabb mikroelemek esetében gyakran az intenzív foszfor- és kálium-műtrágyázás — különösen a talajra gyakorolt kumulatív hatásai miatt — mikroelemek felvételét módosító hatásai a talaj termékenységet veszélyeztethetik. E termesztési szempontból fontos mikroelemek abszolút mennyisége a növényben olyan kismértékű, hogy nem is annyira az abszolút hiányuk okozhat jelentősebb problémát, mint a kiegyensúlyozott arányok fenntartása. Ez utóbbi kontrolljában elsősorban a növényanalízis, a fiatal zöld növények vizsgálata alkalmas segédeszköz lehet a felvett mikroelemek mennyiségének ismerete mellett.

Összefoglalás

Szabadföldi műtrágyázási kísérletben vizsgáltuk az őszi búza szárazanyag felhalmozását és tápanyag felvételét a tenyészidő folyamán, eltérő PK-műtrágyázási szinteken. Jelzőnövényül a *Jubilejnaja*-50 intenzív szovjet fajta

szolgált. A növényi mintavétel bokrosodásban, szárbaindulásban, kalászolásban, virágzásban és teljes érésben történt, átlagosan 20 naponként IV. 20. és VII. 10. között, parcellánként 4-4 folyóméter föld feletti növényi anyag felhasználásával. A növényi mintákban meghatároztuk a Ca, Mg, Na, Fe, Cu tartalmakat és a súlyukat. Eredményeinket a következőkben foglalhatjuk össze:

A bokrosodáskori koncentrációkat 100-nak véve a Mg 68, a Ca 44, a Na 35%-ára csökkent vissza az aratáskori föld feletti növényben. Az aratás idejére felvett tápanyagoknak 92 (Na), 68 (Ca), illetve 63 (Mg) %-a a szalmában halmozódott fel. A Fe-, Mn-, Cu- tartalom lényegesen nem változott a tenyészidő folyamán és a felvett vasnak 81, a mangánnak 64, réznek 58 %-a szintén a szalmában akkumulálódott. A Zn- tartalom ugyanakkor aratás idejére lecsökkent a bokrosodáskori koncentráció 61%-ára és 2/3-át a nitrogénhez és foszforhoz hasonlóan a szemben találjuk. Tápanyagmérleg szempontjából tehát a N, P, Zn elemeknél elsősorban a szem, míg a Ca, Mg, Fe, Mn és részben a Cu esetében a szalma sorsát kell figyelemmel kísérni.

A főbb tápelem arányok vizsgálata arra utalt, hogy a talaj javuló PK ellátottsága jelentősen megváltoztatta a növény makro/mikroelem arányait. A PK- műtrágyázás nem veszélyeztette a búza Fe és Mn ellátottságát, azonban a Zn, Cu ellátottsága irodalmi adatok szerint nem volt kielégítő. Hasonló PK- műtrágyázás esetén Zn- és Cu- trágyázás is javasolható a növényi

Vizsgálataink szerint egy 80-100 q/ha búza szemtermés esetén a növényi „tápelem veszteség” hektáronként és évenként mintegy 50-70 kg Ca, 30-35 kg Mg, 3-4 kg Na, 3-5 kg Fe, 1-2 kg Mn, 30-40 dkg Zn és 15-20 dkg Cu mennyiséget tehet ki. A termesztési szempontból fontosabb mikroelemek felvett mennyisége olyan kismértékű, hogy nem is annyira abszolút hiányuk okozhat problémát a talajban, mint a kiegyensúlyozott arányaik fenntartása a növényben.

Irodalom

- [1] BAIER, J.: Stanovení optimálních dávek hnojiv pro přihnojení ozimé pšenice podle anorganického rozboru rostlin. Metod. zavád. výsled. výzk. do praxe č. V-2/1973. CSAZ-UVTI. Praha. 1973.
- [2] BERGMANN, W.: Termesztett növényeink táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1979.
- [3] BERGMANN, W.: Hinweise und Tabellen zur Aufstellung von Düngungsplänen. Streiberger. Pössnek, 1968.
- [4] BERGMANN, W. & NEUBERT, P.: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. Fischer. Jena, 1976.
- [5] BOLDÜREV, N. K.: Analiz liszt'ev kak metod opredelenija potrebnoszt'i rasztenij v udobrenijah. Sz/h. Inszt. Kirova, Omszk. 1970.
- [6] CZARNOWSKA, K.: Zawartość niektórych mikroelementów i azotu w różnych fazach rozwojowych pszenicy ozimej na tle nawożenia azotowego. Roczn. Nauk. Rol. Ser. A. 101. (2) 63—77. 1975.
- [7] CZUBA, R.: Badania nad pobieraniem składników pokarmowych przez pszenice ozima. Roczn. Nauk. Rol. Ser. A. 96. (1) 5—28. 1968.
- [8] ELEK, É. & KÁDÁR, I.: Talajtermékenység kontrollja növény és talajvizsgálatokkal. Magyar Mezőgazd. 30. (51) 9. 1975.
- [9] ELEK, É. & KÁDÁR, I.: A foszforműtrágyázás hatása a makro- és mikrotápanyagok felvételére. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 1. 89—93. NEVIKI. Veszprém. 1975.
- [10] ELEK, É. & KÁDÁR, I.: Műtrágyázás hatása az őszi búza tápanyaggazdálkodására. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 1. 169—176. NEVIKI. Veszprém. 1978.

- [11] EL KHOLI, A. F.: An experimental study of the influence of the microelements on the uptake of microelements by plants. Vers. Landbouwk. Onderz. **67/4**. Wageningen. 1961.
- [12] HEYLAND, K. U.: Über die Bedeutung der Ernährung in verschiedenen Entwicklungsstadien für den Ertrag der Sommergerste. Z. Acker- u. Pflanzenbau. **113**. 41—65. 1961.
- [13] KÁDÁR, I.: A foszforműtrágyázás hatékonysága különböző foszforellátottságú talajon. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. **1**. 141—147. NEVIKI. Veszprém. 1974.
- [14] KÁDÁR, I.: A melioratív foszforműtrágyázás lehetőségei. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. **1**. 85—88. NEVIKI. Veszprém. 1975.
- [15] KÁDÁR, I.: A foszforműtrágya igényének becslése növény- és talajvizsgálatokkal. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 205—212. NEVIKI. Veszprém. 1976.
- [16] KÁDÁR, I.: Műtrágyázási szaktanácsadás Ausztriában. Agrokémia és Talajtan. **26**. 171—182. 1977.
- [17] KÁDÁR, I. & ELEK, É.: Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem felvételére. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 71—81. NEVIKI. Veszprém. 1977.
- [18] KÁDÁR, I. & KRÁMER, M.: Az őszi búza tápelemellátottságának megállapítása növényvizsgálatokkal. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 53—61. NEVIKI. Veszprém. 1977.
- [19] KÁDÁR, I. & KRÁMER, M.: Újabb adatok az őszi búza tápanyagellátottságának megítéléséhez, növényanalízissel. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. **1**. 177—185. NEVIKI. Veszprém. 1978.
- [20] KÁDÁR, I., ELEK, É. & ZILAHY, P.: Az őszi búza tápanyagforgalmának vizsgálata. Magyar Mezőgazd. **31**. (49) 9—10. 1976.
- [21] KÁDÁR, I. et al.: Vlijanje vozrastajusesih doz mineralnih udobrenij na povesu i raszteniija. Vth Congr. Jug. Soc. Soil Sci. 409—416. Sarajevo. 1976.
- [22] KOPETZ, L. M.: Nährstoffangebot und Nährstoffentzug als Grundlagen für Düngungsplanung. Der Förderungsdienst. **6**. 1—4. 1958.
- [23] LÁSZTITY, B.: A foszfor és kálium műtrágyázás hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövénnyel. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 47—52. NEVIKI. Veszprém. 1977.
- [24] LÁSZTITY, B. & KÁDÁR, I.: Adatok a feltöltő PK-műtrágyázás vizsgálatához, barna erdőtalajon. Agrokémia és Talajtan. **27**. 119—129. 1978.
- [25] LÁSZTITY, B. & KÁDÁR, I.: Az őszi búza szárazanyag felhalmozódásának, valamint tápanyagfelvételének tanulmányozása szabadföldi kísérletben. Agrokémia és Talajtan. **27**. 429—444. 1978.
- [26] LÁSZTITY, B., KÁDÁR, I. & ELEK, É.: A foszfor és kálium műtrágyázás növényre gyakorolt hatásának vizsgálata karbonátos homokon. Agrokémia és Talajtan. **27**. 130—140. 1978.
- [27] MELSTEAD, S. W., MOTTO, H. L. & PECK, T. R.: Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. Agron. J. **61**. 17—20. 1969.
- [28] MENGEL, K.: A növények táplálkozása és anyageséréje. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1976.
- [29] MERGENTHALER, N.: A műtrágyák felosztása. In: Szaktanácsok a műtrágyázáshoz. Szerk.: GYÖKÉR ANDRÁS. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1978.
- [30] Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM NAK. Budapest. 1978.
- [31] NEUBERG, J. et al.: Stopové prvky v rostlinné výrobě ČSR. Ministerstvo Zemelstvi a Výživy ČSR. Praha. 1978.
- [32] POSZTNIKOV, A.: A mezőgazdaság kemizálása és a talaj tápanyagmérlege. Nemzetközi Mezőgazd. Szemle. **20**. (1) 15—18. 1976.
- [33] PRIMOST, E.: Die Düngung im Getreidebau. Weizen. In: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. 174—238. Ed.: SCHARRER, K.—LINSE, M. Springer. Wien. 1965.
- [34] SARKADI, J.: A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1975.
- [35] SARKADI, J. & KÁDÁR, I.: The Interaction Between Phosphorus Fertilizer Residues and Fresh Phosphate Dressings in a Chernozem Soil. Agrokémia és Talajtan. **23**. Suppl. 93—100. 1974.
- [36] SELKE, W.: Die Düngung. VEB. Dtsch. Landw. Verlag. Halle. 1965.

- [37] SHARMA, B. L. & RAJAT, D. E.: Pattern of dry matter accumulation and nutrient yield in tall and dwarf varieties of wheat in relation to nitrogen and phosphorus fertilization. *Proc. Ind. Nat. Sci. Akad. B.* **38**. 719—726. 1973.
- [38] SCHARER, K. & MENGEL, K.: Aufnahme und Verteilung der Kationen Ca, Mg, K und Na in der Pflanze bei variierter K- und Mg-Düngung sowie bei extraradikaler K-Versorgung. *Plant and Soil*. **12**. 377—396. 1960.
- [39] SVÁB, J.: Új terméselemzési módszer a növényfajták fejlődésének jellemzésére. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. **19**. 253—261. 1961.
- [40] VOISIN, A.: A talaj és a növényzet az állat és az ember sorsa. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1964.

Érkezett: 1979. április 25.

A Study on the Nutrient Uptake of Winter Wheat in a Field Experiment

I. KÁDÁR and B. LÁSZTITY

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

The accumulation of dry material and the nutrient uptake of winter wheat were investigated at different PK-fertilizer levels during a vegetation period. Test plant was the intensive Soviet variety "Jubilejnaja-50". Plant samples were taken at the time of tillering, shooting, earing, flowering and full ripe every 20 days on the average, between the 20th IV. and the 10th VII. using up 4 meters of the plant parts growing above the soil surface on each plot. The plant samples were weighed and their Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn and Cu content were determined. The results are summed up as follows.

The accumulation of the dry material is during the vegetatin period more or less balanced and lasts until harvesting. Analogous with the accumulation of dry material is the uptake of N and P, as has been referred earlier [25]. In the period from shooting to full ripe the production of dry material was increased by 20—50% by the PK-fertilization.

The concentrations at tillering taken for 100%, the content of Mg has decreased to 68%, that of Ca to 44%, that of Na to 35% in the upper part of the plant until harvest time. 92% of the Ca, 68% of the Na and 63% of the Mg taken up until harvest time accumulated in the straw. The Fe-, Mn- and Cu-content did not change considerably during the vegetation period, and 81% of the Fe, 64% of the Mn and 58% of the Cu taken up by the plants also accumulated in the straw. The Zn-content decreased to 61% until harvest time and 2/3 of the quantity taken up by the plant could be detected similar to N and P in the grain. Preparing a balance of the nutrient uptake in the case of N, P and Zn rather the grain, but in the case of Ca, Mg, Fe, Mn and partly Cu rather the straw must be taken into consideration.

The improving P and K status of the soil has changed considerably the macro-/micronutrient ratios in the plants. The P and K fertilization did not endanger the Fe- and Mn-supply of the wheat, the Zn- and Cu-supply however, was according to literature insufficient. When fertilizing with high doses of P and K on calcareous soils a supplementary fertilization with Zn and Cu could be recommended too.

Calculated from our dates the micro-nutrient uptake of 8—10 t/ha grain yield of wheat is about 50—70 kg Ca, 30—35 kg Mg, 3—4 kg Na, 3—5 kg Fe, 1—2 kg Mn, 300—400 g Zn and 150—200 g Cu yearly. Considering the plant production the quantity of the more important micro-nutrients taken up by the plants so minimal that the decrease in their absolute quantity would unlikely cause a deficiency in the plants, rather their balanced ratios could be affected by a one-sided fertilization with macronutrients — in particular by the cumulative effect of the latter.

Table 1. Accumulation of dry material in winter wheat during the vegetation period (dry material 0.1 t/ha, 1976. Jubilejnaja-50). (1) Given fertilizer quantity, kg/ha. (2) In the fresh plant. (3) At harvesting. (4) At tillering. (5) At shooting. (6) At earing. (7) At flowering. (8) Grain. (9) Straw. (10) Total.

Table 2. Changes in the Ca% content and the Ca-quantity taken up by the winter wheat during the vegetation period 1976. For markings see Table 1.

Table 3. Changes in the Mg% content and the Mg-quantity taken up by the winter wheat during the vegetation period 1976. For markings see Table 1.

Table 4. Changes in the Na% content and the Na-quantity taken up by the winter wheat during the vegetation period 1976. For markings see Table 1.

Table 5. Changes in the Fe% content and the Fe-quantity taken up by the winter wheat during the vegetation period 1976. For markings see Table 1.

Table 6. Changes in the Mn% content and the Mn-quantity taken up by the winter wheat during the vegetation period 1960. For markings see Table 1.

Table 7. Changes in the Zn% content and the Zn-quantity taken up by the winter wheat during the vegetation period 1976. For markings see Table 1.

Table 8. Changes in the average Cu % content and the Cu-quantity taken up by the winter wheat during the vegetation period 1976. For markings see Table 1.

Table 9. Changes in the ratios P/Fe, P/Mn, P/Zn and P/Cu of winter wheat during the vegetation period 1976. For markings see Table 1.

Table 10. Changes in the ratios K/Ca, K/Mg, K/Na and Ca/Mn of winter wheat during the vegetation period 1976. For markings see Table 1.

Table 11. The average specific nutrient content of winter wheat at harvest time (= nutrient content of 1 t grain and the amount of straw belonging to it). (1) Fertilizer used, kg/ha. A) Effect of fertilizers in the own experiment. B) Effect of fertilizers according to data published in literature.

Untersuchung der Nährstoffaufnahme von Winterweizen in einem Feldversuch

I. KÁDÁR und B. LÁSZTITY

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

Zusammenfassung

Die Anhäufung der Trockensubstanz und die Nährstoffaufnahme von Winterweizen während einer Vegetationsperiode wurden in einem Feldversuch auf verschiedenen PK-Düngerstufen untersucht. Versuchspflanze war die intensive, sowjetische Jubilejnaja-50 Sorte. Pflanzenproben wurden zur Zeit der Bestockung, des Schossens, des Ährenschiebens, der Blüte und der vollständigen Reife genommen, durchschnittlich alle 20 Tage zwischen dem 20. IV. und dem 10. VII. bei Verwendung von je 4 Meter betragenden oberirdischen Pflanzenstoff pro Parzelle. Das Gewicht der Proben wurde gewogen und in den Proben wurde der Gehalt an Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn und Cu bestimmt. Die Resultate kann man folgendermassen zusammenfassen:

Die Anhäufung der Trockensubstanz ist während der Vegetationsperiode mehr oder weniger ausgeglichen und dauert bis zur Ernte. Analog mit der Anhäufung der Trockensubstanz läuft die Aufnahme von N und P, worauf wir schon früher hingewiesen haben [25]. Die PK-Mineraldüngung hat die Produktion der Trockensubstanz um 20—50% vom Schossen bis zur Reife erhöht.

Die Konzentrationen zur Zeit der Bestockung für 100 genommen, ist der Mg-Gehalt auf 68%, der Ca-Gehalt auf 44% und der Na-Gehalt auf 35% bis zur Zeit der Ernte in den oberirdischen Pflanzenteilen zurückgefallen. Von den bis zur Ernte aufgenommenen Nährstoffen häuften sich 92% des Ca, 68% des Na, bzw. 63% des Mg im Stroh an. Der Fe-, Mn- und Cu-Gehalt hat sich während der Vegetationsperiode wesentlich nicht geändert, und 81% des aufgenommenen Eisens, 64% des Mangans und 58% des Kupfers hat sich ebenfalls im Stroh akkumuliert. Der Zn-Gehalt fiel gleichzeitig bei der Ernte auf 61% der Bestockungskonzentration ab und 2/3 der aufgenommenen Menge konnten — wie beim N und P — in den Körnern aufgefunden werden. Vom Standpunkt der Nährstoffbilanz aus muss also bei den Elementen N, P und Zn in erster Linie das Korn, während im Falle von Ca, Mg, Fe, Mn und teilweise Cu das Stroh in Betracht genommen werden.

Aus den Verhältnissen der Hauptnährstoffe stellt es sich heraus, dass der bessere PK-Versorgungsgrad des Bodens die Verhältnisse der Makro- und Mikroelemente in den Pflanzen bedeutend geändert hat. Die PK-Mineraldüngung gefährdet die Fe- und Mn-Versorgung des Weizens nicht, die Zn- und Cu-Versorgung hingegen war laut Literaturangaben nicht ausreichend. Im Falle einer ähnlichen PK-Aufdüngung kann auch eine Zn- und Cu-Düngung auf Kalkböden empfohlen werden.

Nach unseren Untersuchungen kann im Falle eines Kornertrages von 80—100 dt/ha der pflanzliche «Nährelementenverlust» pro Hektar und pro Jahr ungefähr 50—70 kg Ca, 30—35 kg Mg, 3—4 kg Na, 3—5 kg Fe, 1—2 kg Mn, 30—40 dkg Zn und 15—20 dkg Cu betragen. Vom Standpunkt der Produktion aus ist die Menge der aufgenommenen wichti-

geren Mikroelemente so gering, dass nicht so sehr ihr absoluter Mangel Probleme im Boden verursacht, als die Aufrechterhaltung ihrer ausgeglichenen Proportionen in der Pflanze. Die Aufrechterhaltung dieser Proportionen dagegen kann durch die ausschliessliche Düngung mit Makroelementen — besonders infolge ihrer Anhäufung in dem Boden — gefährdet werden.

Tab. 1. Trockensubstanzanhäufung im Winterweizen während der Vegetationsperiode (Trockensubstanz dt/ha, 1976. Jubilejnaja-50.) (1) Dem Boden zugeführte Düngermenge, kg/ha. (2) in der grünen Pflanze, (3) zur Erntezeit, (4) zur Zeit der Bestockung, (5) zur Zeit des Schossens, (6) zur Zeit des Ährenschiebens, (7) zur Zeit der Blüte, (8) Körner, (9) Stroh, (10) Insgesamt.

Tab. 2. Änderungen des Ca%-Gehaltes und der aufgenommenen Ca-Menge des Winterweizens im Laufe der Vegetationsperiode 1976. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

Tab. 3. Änderungen des Mg%-Gehaltes und der aufgenommenen Mg-Menge des Winterweizens im Laufe der Vegetationsperiode 1976. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

Tab. 4. Änderungen des Na%-Gehaltes und der aufgenommenen Na-Menge des Winterweizens im Laufe der Vegetationsperiode 1976. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

Tab. 5. Änderungen des Fe%-Gehaltes und der aufgenommenen Fe-Menge des Winterweizens im Laufe der Vegetationsperiode 1976. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

Tab. 6. Änderungen des Mn%-Gehaltes und der aufgenommenen Mn-Menge des Winterweizens im Laufe der Vegetationsperiode 1976. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

Tab. 7. Änderungen des Zn%-Gehaltes und der aufgenommenen Zn-Menge des Winterweizens im Laufe der Vegetationsperiode 1976. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

Tab. 8. Änderungen des durchschnittlichen Cu%-Gehaltes und der aufgenommenen Cu-Menge des Winterweizens im Laufe der Vegetationsperiode 1976. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

Tab. 9. Änderungen der Proportionen P/Fe, P/Mn, P/Zn und P/Cu im Winterweizen im Laufe der Vegetationsperiode 1976. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

Tab. 10. Änderungen der Proportionen K/Ca, K/Mg K/Na und Ca/Mn im Winterweizen im Laufe der Vegetationsperiode 1976. Bezeichnungen s. unter Tab. 1.

Tab. 11. Mittelwerte des spezifischen Nährelementengehaltes im Winterweizen zur Erntezeit (Nährelementengehalt von 10 dt Korn und der dazugehörenden Strohmenge). (1) Dem Boden zugeführte Mineraldüngermenge, kg/ha. A) Im eigenen Versuch auf Einwirkung von Düngung. B) Literaturangaben.

Изучение в полевых опытах усвоения питательных веществ озимой пшеницей

И. КАДАР и Б. ЛАСТИТЬ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

В полевом опыте по внесению минеральных удобрений изучали накопление сухого вещества и усвоение питательных элементов озимой пшеницей в период вегетации на различных уровнях внесения РК-минеральных удобрений. В опыте использовали советский интенсивный сорт озимой пшеницы Юбилейная-50. Растительные образцы брали в стадии кушения, выхода в трубку, колошения, цветения и полной спелости, в среднем через каждые 20 дней, между 20 IV. и 10. VII, используя надземную часть растений, собранных на каждой делянке с 4-х погонных метров. В растительных образцах определили содержание Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu и измерили их вес. Полученные результаты показали следующее.

Накопление сухого вещества в растениях проходит равномерно в течение всего вегетационного периода, вплоть до уборки. Усвоение азота и фосфора аналогично накоплению сухого вещества, на что указывалось раньше (25). Внесение фосфорно-калийных удобрений повышает образование сухой растительной массы в период от выхода в трубку до полной спелости на 20—50%.

Если концентрацию элементов в растениях в стадии кушения принять за 100, то к моменту уборки содержание магния в надземных частях растений снижается на 68%, кальция на 44%, натрия на 35%. К этому времени 92% кальция, 68% натрия и 63% магния от

всего количества в растении находились в соломе. В течение вегетационного периода содержание Fe, Mn, Cu в растениях значительно не изменялось и они также накопились, в основном, в соломе (Fe-81% Mn-64%, Cu-58% от всего усвоенного количества.). Содержание цинка ко времени уборки снизилось до 61%, по сравнению с его содержанием в стадии кущения, принятым за 100, и 2/3 его количества, подобно азоту и фосфору, оказались в зерне. Таким образом, с точки зрения баланса питательных веществ следует обращать внимание на дальнейшую судьбу зерна в случае элементов N, P, Zn и соломы- в случае Ca, Mg и Fe частично Cu.

Изучение соотношения основных элементов питания показывает, что при повышении содержания в почве РК значительно изменяется соотношение макро/микро элементов в растении. Внесение РК-удобрений не ухудшало снабжения растений железом и марганцем, в то время как обеспеченность цинком и медью в этом случае, судя по литературным данным, не была удовлетворительной. Поэтому при мелиоративном внесении РК-минеральных удобрений на карбонатных почвах рекомендуется также внесение цинка и меди.

Исследования показали также, что при урожае зерна пшеницы 80—100 ц/га «потери» питательных веществ, выносимых с урожаями, ежегодно составляют на гектар 50—70 кг Ca, 30—35 кг магния, 3—4 кг натрия, 3—5 кг железа, 1—2 кг марганца, 300—400 г цинка и 150—200 г меди.

Вынос важнейших микроэлементов настолько мал, что с точки зрения растениеводства проблему вызывает не столько абсолютная недостаточность их в почве, сколько поддержание уравновешенных соотношений их в растениях. Одностороннее внесение макроэлементов — особенно из-за кумулятивного влияния на почву — ставит под угрозу постоянство соотношений.

Табл. 1. Накопление сухого вещества в пшенице в течение вегетационного периода (сухое вещество в ц/га. Юбилейная-50). (1) Внесенное в почву минеральное удобрение, кг/га. (2) В зеленом растении. (3) В момент уборки. (4) В стадии кущения (5) В стадии выхода в трубку. (6) В стадии колошения. (7) В стадии цветения. (8) Зерно. (9) Солома. (10) Всего.

Табл. 2. Изменение процентного содержания кальция в озимой пшенице и количества Ca усвоенного растениями в течение вегетационного периода, 1976. Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 3. Изменение процентного содержания магния в озимой пшенице и количества этого элемента усвоенного растениями в течение вегетационного периода, 1976. Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 4. Изменение содержания натрия в озимой пшенице и количества натрия усвоенного растениями в течение вегетационного периода, 1976. Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 5. Изменение содержания железа в озимой пшенице и количества железа усвоенного растениями в течение вегетационного периода, 1976. Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 6. Изменение содержания марганца в озимой пшенице и количества марганца усвоенного растениями в течение вегетационного периода, 1976. Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 7. Изменение содержания цинка в озимой пшенице и количества цинка усвоенного растениями в течение вегетационного периода, 1976. Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 8. Изменение содержания меди в озимой пшенице и количества меди усвоенной растениями в течение вегетационного периода, 1976. Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 9. Изменение соотношений P/Fe, P/Mn, P/Zn и P/Cu в озимой пшенице в течение вегетационного периода, 1976. Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 10. Изменение соотношений K/Ca, K/Mg K/Na и Ca/Mn в озимой пшенице в течение вегетационного периода, 1976. Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 11. Среднее удельное содержание питательных элементов в озимой пшенице во время ее уборки (содержание питательных элементов в 10 ц зерна и относящейся к ним соломе) (1) Внесенное в почву минеральное удобрение, кг/га. А) Результаты полученные в опыте. В) Литературные данные.